

Rudarsko-geološko-naftni zbornik	Vol. 23	str. 45-52	Zagreb, 2011.
----------------------------------	---------	------------	---------------

UDK 622.3:691
UDC 622.3:691

Stručni rad
Professional paper

Jezik/Language: Hrvatski/Croatian

UTJECAJ NA OKOLIŠ PRI DOPREMI MINERALNIH SIROVINA ZA PROIZVODNJU GRAĐEVINSKIH MATERIJALA U GRAD ZAGREB I ZAGREBAČKU ŽUPANIJU

THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE DELIVERY OF MINERAL RAW MATERIALS USED FOR BUILDING MATERIALS PRODUCTION TO THE CITY OF ZAGREB AND THE ZAGREB COUNTY

KAROLINA NOVAK¹, IVO GALIĆ², DARKO VRKLJAN²

¹INA d.d. Zagreb, Šubićeva 29, Zagreb, Hrvatska

²Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: prostorno planiranje, mineralna sirovina, emisija stakleničkih plinova, transport kamionima

Key words: spatial planning, mineral raw material, greenhouse gas emission, lorry transport

Sažetak

Transport mineralnih sirovina izravno utječe na cijenu jedinice proizvoda i količinu ispušnih plinova. Dužina transporta razmjerna je vrijednosti mineralne sirovine, niska cijena podržava samo kratke transportne destinacije. Na primjeru potrošnje kamenih agregata koji se dopremaju u Zagreb iz okolnih županija, što je posljedica zatvaranja eksploatacijskih polja na području Zagreba, posebice unutar Parka prirode Medvednica, pokušali smo dobiti odgovor na pitanje kakav je utjecaj dužine kamionskog transporta na emisiju stakleničkih plinova.

Određenim modelima prikazat će se utjecaj na okoliš koji nastaje prilikom transporta mineralne sirovine, u odnosu na utjecaj u slučaju dozvole rada površinskih kopova u neposrednoj blizini grada. Ukazat će se na potrebu preispitivanja stava o zatvaranju kopova u blizini urbanih središta kao najboljeg rješenja globalnog problema onečišćenja okoliša.

Rudarski radovi predodređeni su mjestom pojavljivanja mineralnih sirovina, a ograničeni realnim mogućnostima i htjenjima društvene zajednice te se stručnjaci, prije svega rudari, geolozi i drugi geoznanstvenici moraju aktivno uključiti u prostorno planiranje. Kameni agregati dopremaju se u Zagreb kamionskim transportom, s udaljenosti i do 100 km. U godinama intenzivne gradnje dovezeni su milijuni tona mineralne sirovine. Nameće se pitanje da li se mogu polučiti racionalnija rješenja, primjerenim prostornim planiranjem?

Uvod

Nekada brojni, kamenolomi na Medvednici sada su sastavni dio tek nekih prošlih vremena. Eksploatacija se trenutno odvija samo u dva kamenoloma, izričito u smislu sanacije i privođenja kamenoloma konačnoj namjeni.

Abstract

Mineral raw material transport directly affects a product's unit price and exhaust gases amounts. Transportation length is proportional to raw material price; its low price enables short transportation distances only. Taking into account stone aggregates delivered to Zagreb, the consequence of exploitation fields closure in the Zagreb area, particularly within the Medvednica Nature Park, we tried to answer the question of the impact of transport distances on the greenhouse gas emissions.

Certain models will present environmental impact of the stone aggregate transportation and of nearby city quarries. The generally accepted public opinion on the closure of nearby city quarries as the best solution to environmental pollution will have to be reviewed.

Mining works are predestined by mineral resources sites and limited by real possibilities and intentions of the community, therefore the experts, i.e. miners, geologists and other geoscientists, should be actively involved in spatial planning.

During the years of intensive construction, millions of tons have been delivered from distances up to 100 km. The question arises whether some more rational solutions could be generated by more appropriate spatial planning?

Posljedica je to stava upravnih organa o nepoželjnosti rudarske struke na području Grada Zagreba i Zagrebačke županije, što je normirano i postojećim prostornim planovima. Pri tome se nedovoljno vodi računa o potrebama Grada Zagreba za građevinskim materijalima, odnosno izvorima koji bi osigurali količine potrebne za

održivi razvoj. Lakonski se, bez dublje i pomnije analize, nabacuje rješenje o dopremi građevinskih materijala iz županija koje gravitiraju i okružuju Grad Zagreb. Iz šljunčara i kopova tehničko-građevnog kamena, s područja udaljenih i više od 100 km, na područje grada Zagreba i Zagrebačke županije, kamionima se svakodnevno dopremaju potrebne količine mineralne sirovine. Ovdje nećemo ulaziti u problematiku koliko takvi prijevoznici zagušuju gradski promet te uništavaju prometnice. Bazirajući se na činjenici da u ukupnoj količini emisija dušikovih oksida (NO_x) sektoru prometa pripada većinski udio od 60 % (Nacionalna strategija zaštite okoliša, 2002), razmatrane su emisije štetnih plinova koji nastaju prilikom transporta mineralne sirovine na tako velike udaljenosti. Ponovno se pojavljuje problem onečišćenja okoliša, koji je možda i veći nego u slučaju eksploatacije na Medvednici. Mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala nužne su za održivi razvitak Grada Zagreba i Zagrebačke županije. Utjecaj rudarskog kopa na okoliš je neminovan, a bez obzira na lokaciju na kojoj je smješten, na isti će način djelovati na krajobraz.

Eksploatacija i potrošnja mineralnih sirovina za proizvodnju građevnog materijala u Gradu Zagrebu i Zagrebačkoj županiji

Tehničko-građevni kamen, te građevni pijesak i šljunak, kao osnovna mineralna sirovina za izgradnju infrastrukturnih i stambenih objekata, predstavljaju osnovu graditeljstva. Odobrena eksploatacijska polja tehničko-građevnog kamena obuhvaćaju nešto više od 43 %, a eksploatacijska polja građevnog pijeska i šljunka oko 15 % ukupno odobrenih eksploatacijskih polja u Republici Hrvatskoj.

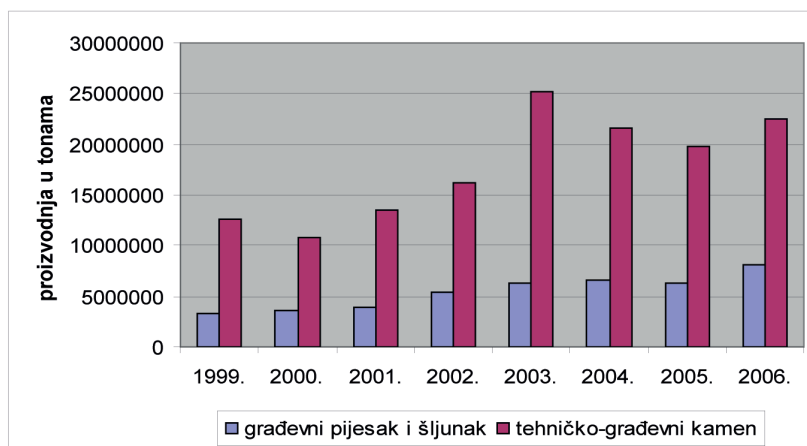
Kameni agregati, kako se nazivaju zajedničkim imenom, proizvodi su niskih tržišnih cijena po jedinici pro-

izvoda pa kamionski transport na udaljenostima većim 25-30 km postaje ekonomski upitan.

Mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala neravnomjerno su raspoređene na području Republike Hrvatske. Bez obzira na već odobren veliki broj eksploatacijskih polja, novi zahtjevi za odobravanjem istraživačkih prostora i eksploatacijskih polja uglavnom prate izgradnju velikih infrastrukturnih objekata u Republici Hrvatskoj.

Aktualno stanje relativne izgrađenosti planiranih infrastrukturnih objekata upućuje na zaključak da se potrebe za tehničko-građevnim kamenom u bliskoj budućnosti ne bi trebale povećavati. S druge pak strane, postoji realna mogućnost nedostatne potrebe za građevnim pijeskom i šljunkom, s obzirom na intenzivnu urbanizaciju te udaljenosti ležišta građevnog pijeska i šljunka od potrošačkih centara (ŽIVKOVIĆ et al., 2008).

Budući da službeni podatak o količini materijala koji se dovozi na područje Grada Zagreba i Zagrebačke županije ne postoji, za potrebe proračuna emisija korišten je podatak izračunat na osnovu podataka o proizvodnji svih kopova tehničko-građevnog kamena, građevnog pijeska i šljunka, koji su smješteni u široj okolici, te na osnovi podatka o prosječnoj potrošnji po glavi stanovnika i broju stanovnika pojedine županije. Sukladno Strategiji gospodarenja mineralnim sirovinama, prosječna potrošnja kamenih agregata po glavi stanovnika iznosi 7 t (ŽIVKOVIĆ et al., 2008). Razlika u količini koja se ukupno proizvede u svakoj pojedinoj županiji, te količini mineralne sirovine koja se lokalno potroši, čini upravo količinu koja se doprema u Grad Zagreb i Zagrebačku županiju. Prema izračunu, na godišnjoj razini u Grad Zagreb i Zagrebačku županiju dopremi oko 7 900 000 t, što je gotovo 5 000 000 m^3 (tablica 1.). Zanimljivo je kako Županija i Grad raspolažu značajnim geološkim rezervama analiziranih mineralnih sirovina koje se dopremaju iz drugih županija.



Slika 1. Proizvodnja mineralnih sirovina za građevni materijal u RH

Figure 1 Production of mineral raw materials used for building materials in the Republic of Croatia

Tablica 1. Izračun godišnje količine kamenih agregata koja se doprema u Grad Zagreb i Zagrebačku županiju iz okolnih županija
Table 1 Calculation of annual amount of aggregates delivered to the City of Zagreb and Zagreb County from surrounding counties

ŽUPANIJA	A	B	C=A+B	D=C*2,4	E	F=E*7	G=D-F
	Građevni pijesak i šljunak (m ³)	Tehničko-građevni kamen (m ³)	Ukupno proizvodnja kamenih agregata u sraslom stanju (m ³)	Ukupno proizvodnja kamenih agregata (t)	Broj stanovnika	Potrošnja u pojedinoj županiji (t)	Količina koja se doprema u Zagreb (t)
Bjelovarsko-bilogorska	0	587 448	587 448	1 409 875	133 084	931 588	478 287
Karlovačka	739 025	736.603	1 475 628	3 541 507	141 787	992 509	2 548 998
Varaždinska	1 387 698	720 590	2 108 288	5 059 891	184 769	1 293 383	3 766 508
Koprivničko-križevačka	739 025	72 073	811 098	1 946 635	124 467	871 269	1 075 366
Ukupno:	2 865 748	2 116 714	4 982 462	11 957 909	584 107	4 088 749	7 869 160

Tragovi nekadašnje eksploatacije mineralnih sirovina na području Parka prirode Medvednica

Upravo zbog litološke različitosti i svog geografskog položaja, Medvednica je od davnina bila izvoriste kamena kao građevnog materijala. Više o tome može se naći u radovima BOŽIĆEVIĆ (1986), BOŽIĆEVIĆ (1993/1994), SPEVEC (1978), ŠIKIĆ (1995), ZEBEC (1973, 1975a,b) i drugima. Početna stihijska eksploatacija rezultirala je proširivanjem kamenoloma u industrijske kopove (Podsusedsko Dolje, Ivanec, G. Bistra, Markuševac) velikih dimenzija i masovne proizvodnje. Eksploatirani zeleni škriljavac korišten je kao građevinski kamen za Tomislavov dom i Sljemensku kapelicu, kao i za pročelja mnogih

zagrebačkih zgrada. Eksploatacija litotamnijskog vapnenca uporabljena je prilikom izgradnje medvedgradske kapele, katedrale, arkada Mirogojskog groblja, te brojnim pročeljima grada Zagreba.

Nekada brojni, kamenolomi na Medvednici danas su uglavnom neaktivni. Eksploatacija se odvija u dva kamenoloma, ali tek u smislu sanacije i privođenja kamenoloma konačnoj namjeni koja je utvrđena dokumentima prostornog uređenja (tablica 2.) Postojeća eksploatacija odnosi se na eksploataciju dolomita za građevinske radove u kamenolomima Podsusedsko Dolje i Zaprešićki Ivanec. Krajem 2010. godine istekla je koncesija za eksploataciju tehničko-građevnog kamena u kamenolomu Jelenje Vode.

Tablica 2. Popis kamenoloma u Parku prirode Medvednica

Table 2 List of quarries in the Medvednica Nature Park

Redni broj	Naziv	Aktivan/neaktivan	Stijena	Geološka starost
1.	Adolfovac	Neaktivan	mramori s proslojcima zelenih škriljavaca, tzv cipolinski mramori	paleozoik
2.	Pustodol	Neaktivan	paleozojski vapnenci, škriljavci	paleozoik
3.	Bačun 1	Neaktivan	mramorizirani vapnenac i mramor	devon-karbon
3.a	Bačun 2	Neaktivan	zeleni škriljavac	paleozoik
4.	Markuševac	Neaktivan	mramorizirani vapnenac i mramor	devon-karbon
5.	Bizek	Povremeno aktivan	litotamnijski vapnenac (litavac)	miocen (baden)
6.	Vrapčak	Neaktivan	litotamnijski vapnenac (litavac)	miocen (baden)
7.	Bistra	Neaktivan	bazalt, dijabaz	kreda
8.	Reka potok	Neaktivan	bazalt	kreda
9.	Vukov Dol	Neaktivan	mramorizirani vapnenac i mramor	devon-karbon
10.	Podsusedsko Dolje	Aktivan	dolomit	gornji trijas
11.	Jelenje Vode	Trenutno neaktivan (2010.istekla koncesija za eksploataciju)	dijabaz, bazalt	kreda
12.	Ivanec	Aktivan	dolomit	gornji trijas

Sukladno Pravilniku o unutarnjem redu u Parku prirode „Medvednica“ (Pravilnik o unutarnjem redu u Parku prirode „Medvednica“, 2002), na lokaciji parka prirode izričito se zabranjuje istraživanje i eksploatacija mineralnih sirovina, podizanje rudarskih objekata i postrojenja, te mijenjanje i umanjivanje kakvoće krajobraza. Eksploatacija je dozvoljena iznimno u slučajevima rekultivacije postojećih napuštenih nekultiviranih kopova, opasnih za ljude i životinje, te obnove kulturno-povijesnih spomenika, uz ishođenje uvjeta zaštite prirode od strane nadležnog Ministarstva.

Negativni učinci rada površinskog kopa na okoliš

Možebitni utjecaji na okoliš prilikom eksploatacije mineralnih sirovina složeni su i brojni. Kao najznačajniji ističe se promjena krajobraza, budući je uslijed skidanja pokrovnog sloja i otkapanja mineralne sirovine, promjena prirodne morfologije terena, u većoj ili manjoj mjeri, trajna posljedica ove djelatnosti. Ostali utjecaji odnose se na oscilacije tla zbog miniranja (mikroseizmika), degradaciju tla, onečišćenje površinskih voda, buku, utjecaj na mikroklimu, floru i faunu, utjecaj na promet i prometnu infrastrukturu, kao i rizik od ekološke nesreće. Nadalje, utjecaj površinskog kopa na kakvoću zraka ogleda se kroz emisije prašine iz procesa (miniranja, otkopavanja, oplemenjivanja) i ispušnih plinova radnih strojeva pokretanih

dizelskim pogonskim motorima. S ciljem sagledavanja utjecaja kamenoloma na okoliš, izvedena je simulacija rada jednog površinskog kopa tehničko-građevnog kamena (tablica 3.).

Parametri takvog „reprezentativnog i imaginarnog“ kamenoloma su sljedeći: jalovi pokrovni materijal otkopava se bagerom ili utovarnim strojem, dok se otkopavanje stijenske mase izvodi izradom dubokih minskih bušotina i miniranjem. Negabariti se usitnjavaju hidrauličkim čekićem. Odmirana stijenska masa utovara se u damper i transportira na postrojenje za sitnjenje i klasiranje. Postrojenje za oplemenjivanje mineralne sirovine radi suhim postupkom te nema otpadnih voda. Rad kamenoloma zamišljen je uz sljedeće parametre:

- Rad kamenoloma podrazumijeva 220 radnih dana godišnje;
- Koeficijent rastresitosti (k_r)=1,5;
- Za rad je predviđeno korištenje energije eksploziva (za miniranje) i dizel gorivo (za pogon strojeva, uređaja i postrojenja).

U kamenolomu će se za otkopavanje i transport koristiti oprema i strojevi navedeni u skladno normativima i učinku prikazano u tablici 4 (Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Loskunja“, 2009).

Tablica 3. Godišnje/dnevne veličine kapaciteta eksploatacije
Table 3 Annually/daily exploitation capacity

Kapacitet proizvodnje	
Q(m ³ /god) srasle stijene	35 000 m ³ /god
Q(m ³ /god) rastresite stijene= Q (m ³ /god) srasle mase x k	54 000 m ³ /god
Q(m ³ /dan) srasle mase	160 m ³ /dan
Q(m ³ /dan) rastresite mase= Q (m ³ /dan) srasle mase x k	240 m ³ /dan

Tablica 4. Pregled normativa i količina utroška materijala
Table 4 Overview of standards and consumption of materials

Naziv stroja	Smjena		Efektivni sati rada		Nafta		Motorno ulje		Hidrauličko ulje	
	Dnevno	Godišnje	Sati/smjeni	godišnje	l/h	l/god	l/h	l/god	l/h	l/god
Bušilica	1	220		259	21	5 439	0	78	0	31
Bager	1	220	4	880	15	13 200	0.19	167	0	53
Utovarivač	1	220	4	880	15	13 200	0	132	0	53
Damper	1	220	4	880	32	28 160	0	106	0	18
Buldozer	1	220		301	40	12 040	0	66	0	27
Autocisterna za naftu	1	220	2	500	6	3 000	0	5	0	5
Kompl.pokr. postrojenje	1	220	4	880	35	30 800	0	141	0.10	88
UKUPNO:					164	105 839	1	695	0	275

Tablica 5. Emitirane količine stakleničkih plinova u procesu eksploatacije tehničko-građevnog kamena
Table 5 Greenhouse gases emission during exploitation process

Naziv stroja	Sati/ god.	Nafta		Emisije									
				NO _x		SO ₂		CO		CO ₂		CH ₄	
				Emisijski faktor 0,04597 kg/l		Emisijski faktor 0,00046 kg/l		Emisijski faktor 0,01202 kg/l		Emisijski faktor 2,740 kg/l		Emisijski faktor 0,00149 kg/l	
		l/h	l/god.	kg/h	kg/god	kg/h	kg/g	kg/h	kg/g	kg/h	kg/g	kg/h	kg/g
Busilica	259	21	5 439	0,965	250,031	0,010	2,502	0,252	65,377	57,540	14 902,860	0,031	8,104
Bager	880	15	13 200	0,690	606,804	0,007	6,072	0,180	158,664	41,100	36,168,000	0,022	19,668
Ulovariša	880	15	13 200	0,690	606,804	0,007	6,072	0,180	158,664	41,100	36,168,000	0,022	19,668
Damper vozilo	880	32	28 160	1,471	1 294,515	0,015	12,954	0,385	338,483	87,680	77 158,400	0,048	41,958
Buldozer	301	40	12 040	1,839	553,479	0,018	5,538	0,481	144,721	109,600	32 989,600	0,060	17,940
Autocisterna za naftu	500	6	3 000	0,276	137,910	0,003	1,380	0,072	36,060	16,440	8 220,000	0,009	4,470
Kompl.pokr.postr.	880	35	30 800.	1,609	1 415,876	0,016	14,168	0,421	370,216	95,900	84 392,000	0,052	45,892
Uk. emisije pri eksploataciji 54 000 m ³ rastresite mase (kg)				4 865,419		48,686		1 272,185		289 998,860		157,700	
Uk.emisije (t) od eksploatacije 7 869 160 t (cca 4 982,462 m ³ rastresite mase) kamenih agregata				447,58		4,416		117,024		26 679,91		14,536	

Sukladno podacima o potražnji Grada Zagreba i Zagrebačke županije za tehničko-građevnim kamenom (cca 7 900 000 t/god.), prema podacima o potrošnji goriva motora s unutarnjim izgaranjem, te prema emisijskim faktorima, za navedene kapacitete eksploatacije dobivaju se vrijednosti emisija navedene u tablici 5.

Neovisno o izboru lokacije površinskog kopa, eksploatacija mineralnih sirovina je djelatnost koja nužno ima za posljedicu promjenu morfologije terena. Budući da je riječ o kopovima lociranim na zaštićenom području koje predstavlja dio hrvatske prirodne i geološke baštine, vrijede pooštreni kriteriji pa je eksploatacija mineralnih sirovina dozvoljena jedino u svrhu sanacije postojećih napuštenih nekultiviranih kopova.

Negativni učinci transporta mineralne sirovine

Iako cestovni promet višestruko štetno djeluje na okoliš, najznačajnije štetno djelovanje nastaje upravo emisijom ispušnih plinova. Razine emisije ispušnih plinova povezane su s potrošnjom te kvalitetom goriva, tehnikama izgaranja i tehnikama pročišćavanja. Za više informacije vidjeti kod CHAPMAN (2007), KOLB & WACKER (1995), SCHIPPER et al. (1997).

U ukupnoj emisiji Hrvatske, cestovni promet najviše doprinosi emisiji olova (Pb), NO_x-a, ugljikovog monoksida (CO) i čestica. U ukupnoj nacionalnoj emisiji na sektor prometa otpada 63 % emisija NO_x-a, 25 % emisija ugljikovog dioksida (CO₂), 8 % emisija sumporovog dioksida (SO₂) i 97 % Pb. Nadalje, cestovni promet sudjeluje s 36 % (u gradovima može biti znatno veći) u ukupnoj količini emisija NO_x-a, gdje osobni automobili čine 54 %, a teška teretna vozila 31 % emisije (Nacionalna strategija zaštite okoliša, 2002).

Dizelski motor u kamionima energetski je vrlo učinkovit. Razina ugljikovodika i CO u ispušnim plinovima niska je u usporedbi s benzinskim motorima, ali dizelski motor stvara više dušikovog oksida i čestica. Dizelsko gorivo ima veću energetsku vrijednost od benzina, ali

sadrži više koncentracije sumpora (S) i aromatičnih ugljikovodika. Za proračun emisija nastalih prilikom transporta korišteni su podaci proizvođača kamiona firme Volvo Truck Corp (Volvo Truck Corporation, 2011).

Uzevši u obzir godišnje količine uvoza tehničko-građevnog kamena u grad Zagreb i Zagrebačku županiju, na razini cca 7 900 000 t, 220 radnih dana u godini, te prosječnu nosivost kamiona od 26 t, proizlazi da će dnevno, u jednom smjeru prometovati čak 1380 kamiona.

Prema faktorima emisije pojedinih ispušnih plinova izračunate su dnevne/godišnje količine emisija (tablica 6.) koje nastaju prilikom prometovanja punih i praznih kamiona na udaljenosti od 100 km.. Proračun je izveden sukladno sljedećim relacijama:

$$E = E_1 + E_2 \quad (1)$$

$$E_{1,2} = K_z \times Q_{1,2} \quad (2)$$

$$Q_{1,2} = 1380 \times 100 \times \rho_{p,pr} \times 220 \quad (3)$$

Gdje su:

- E ukupna godišnja emisija stakleničkih plinova (kg/god.)
- E_{1,2} ukupna godišnja emisija stakleničkih plinova prilikom vožnje punog/praznog kamiona (kg/god)
- K_z faktor emisije stakleničkog plina po jedinici utrošenog goriva (kg/l)
- Q_{1,2} godišnja količina utrošenog goriva (l/god)
- p_p prosječna potrošnja punog kamiona (32 l/100 km)
- p_{pr} prosječna potrošnja praznog kamiona (24 l/100 km)

Štetni utjecaji kamionskog transporta također se odnose i na povećanje razine buke, vibracija, prašine, zatim ugroženu sigurnost na prometnicama prouzročenu povećanjem broja teških vozila ili potencijalnom opasnom situacijom nastalom rasipanjem transportiranog materijala, te ugroženu fizičku stabilnost prometnica.

Tablica 6. Količine emisija prilikom transporta punog i praznog kamiona na udaljenost 100 km

Table 6 Emission quantities during the transportation of loaded and empty lorry at the 100 km distance

Ispušni plin	K _z (kg/l)	E ₁ (t/god)	E ₂ (t/god)	Ukupna godišnja emisija (t/god)
NO _x	0,05	446,6	335	781,6
SO ₂	0,00	4,5	3,4	7,9
CO	0,01	116,6	87,4	204
CO ₂	2,74	26 619,6	19 967,7	46 587,3
CH	0,00	14,5	10,9	25,4

Međutim, najznačajniji utjecaj predstavlja upravo povećanje cijene mineralne sirovine. Cijena mineralne sirovine po jedinici proizvoda razmjerna je cijeni eksploatacije, te cijeni transporta. Utjecaj transportnih troškova je veliki i često u konačnoj cijeni prelazi samu vrijednost mineralne sirovine. U prosjeku se kreće u relacijama od 1,62 do 2,16 kn/t/km kod masovnih prijevoza. Tako transportni troškovi u strukturi prodajne cijene imaju značajan utjecaj te je kamionski transport građevnih materijala na udaljenostima većim od 25-30 km ekonomski upitan. Na tim udaljenostima troškovi transporta prelaze prodajnu cijenu tehničko-građevnog kamena. Korištenje tehničko-građevnog kamena s udaljenosti većih od 30 km nije racionalno, jer bi se iz bližih izvora kamen mogao nabaviti po nižem trošku i uz manji štetni utjecaj na okoliš. Međutim u slučaju neraspoloživosti kamena iz bližih izvora investitori su prisiljeni nabavljati kamen iz dostupnih im izvora, makar i po višoj cijeni koju onda ugrađuju u troškove proizvodnje konačnog proizvoda (ceste, zgrade, infrastrukturni objekti). S obzirom da se mineralna sirovina doprema s lokacija udaljenih i stotinjak kilometara, povećanje cijene gotovog proizvoda je nužno i osjetno.

Zaključak

Tehničko-građevni kamen u prirodi je široko zastupljen. Riječ je o objektivno jeftinoj robi koja ne trpi skupi prijevoz te je brojnost lokacija eksploatacijskih polja ove mineralne sirovine pravilo i praksa.

Iako je rudarska aktivnost od davnina prisutna na Medvednici brojni kamenolomi na Medvednici danas su uglavnom neaktivni. Eksploatacija se trenutno odvija samo u dva kamenoloma, ali isključivo u smislu sanacije i privođenja kamenoloma konačnoj namjeni koja je utvrđena dokumentima prostornog uređenja. Zatvaranjem kamenoloma na Medvednici, dobava tehničko-građevnog kamena za Grad Zagreb doseže druge lokacije pa se ista mineralna sirovina transportira iz šljunčara u Podravini i Posavini, udaljenih čak i više od 100 km.

Iako eksploatacija mineralnih sirovina ima za posljedicu višestruke lokalne utjecaje na okoliš, kao što su promjena morfologije zahvaćenog terena, pojava buke, prašine, seizmičkih efekata miniranja i dr., neovisno o lokaciji kopa, ti utjecaji su neminovni.

Međutim, dopremanje materijala iz površinskih kopova okolnih županija rezultira nizom drugih štetnih učinaka; od ranije navedenih, a koji su se željeli izbjeći dislociranjem kopova i kamenoloma izvan grada, do povećanja cijene sirovine i gotovog proizvoda prouzročeno povećanom cijenom transporta, ugrožene sigurnosti na prometnicama, te povećanja emisije stakleničkih plinova. Prilikom transporta razine takvih plinova dosežu čak dvostruke vrijednosti emisija koje nastaju prilikom eksploatacije istih količina.

Rudarska djelatnost je nužna jer potiče rad čitavog niza drugih proizvodnih gospodarskih grana, a potražnja

za svim mineralnim sirovinama sve je veća. Budući da su rudarski radovi uvjetovani geologijom područja, prostorno planiranje mora uključivati stručnjake kao što su rudari, geolozi i drugi geoznanstvenici (GALIĆ et al., 2011; ŽIVKOVIĆ et al., 2008).

Bazirajući se na ekološkoj i ekonomskoj opravdanosti, mišljenja smo da prostornim planovima treba dopustiti rad kamenoloma i drugih kopova unutar parka prirode Medvednica te granica Grada Zagreba i Zagrebačke županije, naravno u kontroliranim uvjetima i uz sustavan nadzor nad izvođenjem rudarskih radova. Time bi se polučili pozitivniji efekti u odnosu na postojeća rješenja, te izbjegla nepotrebna emisija stakleničkih plinova.

Accepted: 14.04.2011.

Received: 02.04.2011.

Literatura

- Božičević, S. (1986): Tragom napuštenih rudnika po Medvednici. *Priroda*, 9-10, 251-253, Zagreb.
- Božičević, S. (1994): Rudarstvo na planini Medvednici. *Ekološki glasnik*, 9-10, 36-38, Zagreb.
- Chapman, L. (2007): Transport and climate change: a review, *Journal of Transport Geography*, 15, 354-367, Birmingham.
- Galić, I., Španjol, Ž. and Rosavec, R. (2011): Interakcija rudarskih radova i okoliša, *Šumarski list*, 135, 3-4, Zagreb.
- Kolb, A. and Wacker, M. (1995): Calculation of energy consumption and pollutant emissions on freight transport routes. *The Science of the Total Environment*, Elsevier Science Ltd, 169, 283-288, Amsterdam.
- Nacionalna strategija zaštite okoliša (N.N., 45/02.)
- OICON d.o.o. (2009): Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Loskunja“, Zagreb.
- Pravilnik o unutarnjem redu u Parku prirode „Medvednica“ (N.N. 32/02.)
- Spevec, I. (1978): Kvartarni sedimenti Kraljevačkih Novaka i Soblinca kraj Zagreba. *Geol. vjesnik*, 30/2, 485-500, Zagreb.
- Schipper, L., Scholl, L. and Price, L. (1997): Energy use and carbon emissions from freight in 10 industrialized countries: an analysis of trends from 1973 to 1992. *Transp. REX-D*, Elsevier Science Ltd., 2, 1, 57-76, Amsterdam.
- Šikić, K. (1995): Geološki vodič Medvednice. Institut za geološka istraživanja, 199 p., Zagreb.
- Volvo Truck Corporation, Emissions from Volvo's trucks, 2011 URL: http://www.volvotrucks.com/SiteCollectionDocuments/VTC/Corporate/About%20us/Environment/Emis_eng_20640_10005.pdf (01.06.2011.)

- Zebec, V. (1972): Kalcit iz kamenoloma Donje Orešje u Medvednici (Zagrebačka gora). *Geol. vjesnik*, 26, 169-191, Zagreb.
- Zebec, V. (1975a): Barit iz kamenoloma Donje Orešje u Medvednici (Zagrebačkoj gori). *Geol. vjesnik*, 28, 321-342, Zagreb.
- Zebec, V. (1975b): Kalcit i dolomit iz okolice sela Bizek i Dolje kod Podsuseda u Medvednici (Zagrebačka gora). *Acta geol.*, 8, Prir. istraž. 41, 213-218, Zagreb.
- Živković, S. A., Krasić, D., Dekanić, I., Golub, M., Nuić, J., Rajković, D., Saftić, B., Josip Sečen, J., Velić, J., Vrkljan, D., Galić, I. i dr. (2008): Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva i Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb, 294 p., Zagreb.

The environmental impact of the delivery of mineral raw materials used for building materials production to the City of Zagreb and the Zagreb County

Mineral raw material transport directly affects a product's unit price and the amount of exhaust gases. The impact the lorry transport of mineral raw material has on the greenhouse gases emission will be discussed in detail. The transportation length is proportional to

the raw material price and its low price enables short transportation distances only. Taking into account the consumption of stone aggregates, which are delivered from distant locations to the City of Zagreb, we tried to answer the question what the impact of transport distance on the greenhouse gas emission is.

In the City of Zagreb and the Zagreb County, particularly within the protected areas of the Medvednica Nature Park, there is an obvious tendency to close existing exploitation fields. Our aim is to roughly present the additional emissions generated during the transport of the stone aggregates in relation to emissions in case the quarries are located nearby the city.

By statistically comparing the environmental effects in both cases, it is going to be argued that the quarries' closures might not be best solution to the environmental pollution issue.

Since the mining works are predestined by the site of mineral resources, and limited by real possibilities and intentions of the community, experts, i.e. miners, geologists and natural scientists, should be actively involved in spatial planning (GALIĆ et al., 2011; ŽIVKOVIĆ et al., 2008).